

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-176653

(43)Date of publication of application : 02.07.1999

(51)Int.Cl.

H01F 27/24

H01F 17/04

(21)Application number : 09-341559

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 11.12.1997

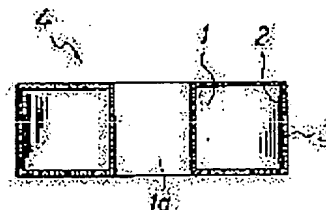
(72)Inventor : KUSAKA TAKAO

(54) MAGNETIC CORE AND MAGNETIC PARTS USING MAGNETIC CORE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic core and magnetic parts that use it such as inductors and transformers that are made smaller and thinner as well as can be surface-mounted.

SOLUTION: To constitute a magnetic core 4, an insulating coated layer 3 comprising a fluoropolymer is formed on the surrounding surface of the magnetic core body 1 that comprises a roll or laminate of magnetic alloy ribbon 2 composed of materials such as amorphous magnetic alloy. The insulating coated layer 3 comprising the fluoropolymer is 0.2 mm thick or less. In order to form magnetic parts such as an inductance coil, a choke coil and a transformer, a winding is used to provided a current path on the magnetic core with a toroidal shape so that the current path and the magnetic path may cross generally at right angles.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 7 6 6 5 3

(43) 公開日 平成 1 1 年 (1 9 9 9) 7 月 2 日

(51) Int. Cl.

H01F 27/24

17/04

識別記号

庁内整理番号

F I

H01F 27/24

17/04

技術表示箇所

Q

F

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平 9 - 3 4 1 5 5 9

(22) 出願日 平成 9 年 (1 9 9 7) 1 2 月 1 1 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 3 0 7 8

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地

(72) 発明者 日下 隆夫

神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株

式会社東芝横浜事業所内

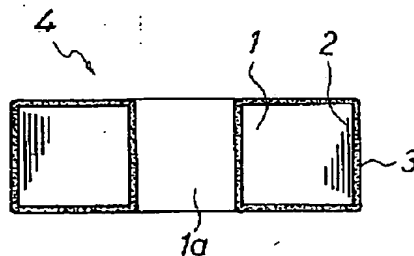
(74) 代理人 弁理士 須山 佐一

(54) 【発明の名称】 磁心とそれを用いた磁性部品

(57) 【要約】

【課題】 磁心およびそれを用いたインダクタやトランス等の磁性部品を、より一層の小型・薄型化する。さらに、磁性部品の表面実装部品への対応を図る。

【解決手段】 アモルファス磁性合金等からなる磁性合金薄帯 2 の巻回体や積層体からなる磁心本体 1 の外周面に、フッ素系樹脂からなる絶縁被覆層 3 を形成して磁心 4 を構成する。フッ素系樹脂からなる絶縁被覆層 3 の厚さは 0.2mm 以下とされている。このようなトロイダル形状を有する磁心に、巻線等により磁気路と略直交するように電流路を設けて、インダクタンスコイル、チョークコイル、トランス等の磁性部品を構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁性合金薄帯の巻回体または積層体からなる磁心本体と、前記磁心本体の外周面に被覆形成され、フッ素系樹脂からなる絶縁被覆層とを具備し、前記絶縁被覆層の厚さが 0.2mm 以下であることを特徴とする磁心。

【請求項 2】 トロイダル形状を有する請求項 1 記載の磁心と、前記磁心による磁気路と略直交するように設けられた電流路とを具備することを特徴とする磁性部品。

【請求項 3】 請求項 2 記載の磁性部品において、前記磁心は基板上に実装されており、かつ前記電流路は前記基板の裏面側に設けられた導体回路と、前記磁心による磁気路を跨ぐように前記基板に装設され、前記導体回路と電気的に接続された平板状導体とにより構成されていることを特徴とする磁性部品。

【請求項 4】 請求項 2 記載の磁性部品において、前記電流路は前記磁心の空芯部に挿通された導体により構成されていることを特徴とする磁性部品。

【請求項 5】 請求項 2 記載の磁性部品において、複数の前記磁性部品を有し、並列配置された前記複数の磁性部品間が導体で磁気的に結合されていることを特徴とする磁性部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、小型・薄型化等を図ったインダクタンスコイルやトランス等に好適な磁心、およびそれを用いた磁性部品に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、電源回路や通信回路等をはじめとする各種の電気・電子部品に用いられる可飽和インダクタ用磁心、チョークコイル用磁心、トランス用磁心等の構成材料として、透磁率が高く、高周波域での損失が小さく、飽和磁束密度が大きい等の特性を有することから、アモルファス磁性合金が多用されるようになってきている。これは、各種の電気・電子機器に対する小型・薄型化の要求が強まっているのに対して、上記したような特性を有するアモルファス磁性合金は従来の磁性材料に比べて、磁性部品の小型・薄型化等を図ることが可能なためである。

【0003】上述したようなアモルファス磁性合金で磁性部品を構成する場合、まず薄帯化したアモルファス磁性合金を巻回または積層して磁心を形成し、この磁心に巻線を施して磁性部品を作製することが一般的である。この際、アモルファス磁性合金薄帯は電気伝導性を有することから、磁心の外周面に樹脂コーティングを施したり、あるいは磁心を樹脂ケースに挿入した後、巻線を施している。

【0004】このような従来の磁心、ひいてはそれを用いた磁性部品に対しては、高密度実装等を可能にするために、より一層小型・薄型化を図ることが求められてい

る。しかしながら、一般的なエポキシ樹脂を用いた従来の樹脂コーティングでは厚さが不均一になりやすく、特に角部にエポキシ樹脂を十分に付着させるためには、全体の厚さを 0.5mm 程度以上としたコーティングが必要とされている。このように、従来の樹脂コーティングは、磁心ならびに磁性部品の小型・薄型化を阻害している。また、樹脂ケースを用いた場合には、0.5mm 程度のケースの厚みに加えて、ケースに挿入する際のクリアランスが必要であることから、さらに大型化してしまう。

10 【0005】一方、電気・電子機器に対する小型・薄型化要求を満足させる上で、上述したような磁性部品等の要素部品自体の小型・薄型化に加えて、要素部品を表面実装化することが行われている。そして、表面実装技術の進歩によって、多くの要素部品の表面実装化が進められているが、インダクタやトランス等の磁性部品に関しては表面実装対応が十分に進んでおらず、これが要素部品の表面実装化による電気・電子機器の小型・薄型化を妨げている。また、磁性部品の表面実装対応を単に図っても、上記したように磁心や磁性部品自体の小型・薄型化を達成しないことには、表面実装化に伴う電気・電子機器の小型・薄型化効果を十分に得ることはできない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来のアモルファス磁性合金薄帯等を用いた磁心、並びにそれを用いた磁性部品においては、絶縁被覆として用いられている樹脂コーティングや樹脂ケースが磁心の小型・薄型化を阻害している。また、従来の磁性部品は表面実装化への対応が十分に進められておらず、電気・電子機器の小型・薄型化を妨げている。

30 【0007】このようなことから、磁心およびそれを用いた磁性部品、ひいてはそれらを用いた電気・電子機器の小型・薄型化を図る上で、磁心本来の形状からの形状増大を抑制した絶縁被覆が求められており、また表面実装技術への対応を図った磁性部品が求められている。

【0008】本発明は、このような課題に対処してなされたもので、より一層の小型・薄型化を図った磁心および磁性部品を提供することを目的としており、さらには表面実装への対応を図った磁性部品を提供することを目的としている。

40 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の磁心は、請求項 1 に記載したように、磁性合金薄帯の巻回体または積層体からなる磁心本体と、前記磁心本体の外周面に被覆形成され、フッ素系樹脂からなる絶縁被覆層とを具備し、前記絶縁被覆層の厚さが 0.2mm 以下であることを特徴としている。

【0010】本発明の磁性部品は、請求項 2 に記載したように、トロイダル形状を有する請求項 1 記載の磁心と、前記磁心による磁気路と略直交するように設けられた電流路とを具備することを特徴としている。

【 0 0 1 1 】本発明の磁性部品は、特に請求項 3 に記載したように、前記磁心は基板上に実装されており、かつ前記電流路は前記基板の裏面側に設けられた導体回路と、前記磁心による磁気路を跨ぐように前記基板に装着され、前記導体回路と電気的に接続された平板状導体とにより構成されていることを特徴としている。あるいは、請求項 4 に記載したように、前記電流路は前記磁心の空芯部に挿通された導体により構成されていることを特徴としている。

【 0 0 1 2 】本発明の磁心においては、絶縁被覆層にポリテトラフルオロエチレン (P T F E) に代表されるフッ素系樹脂を用いている。このようなフッ素系樹脂からなる絶縁被覆層によれば、その厚さを薄くした場合においても、磁心本体を外周面を均一な厚さで被覆することができるため、絶縁被覆層としての機能を維持した上で、その厚さを 0.2mm 以下と薄くすることが可能となる。従って、例えば小型・薄型化した磁心本体の形状を維持することができ、またこのような磁心に電流路 (巻線) を設けた本発明の磁性部品は小型・薄型化が可能となる。さらに、請求項 3 に記載の磁性部品および請求項 4 に記載の磁性部品によれば、表面実装への対応を図ることが可能となる。

【 0 0 1 3 】

【 発明の実施の形態 】 以下、本発明を実施するための形態について説明する。

【 0 0 1 4 】図 1 は、本発明の磁心の一実施形態の構成を示す断面図である。同図において、1 は磁性合金薄帯 2 の巻回体からなる磁心本体である。この磁心本体 1 を構成する磁性合金薄帯 2 としては、特に C o 基や F e 基のアモルファス磁性合金薄帯、微細結晶粒を有する F e 基軟磁性合金 (以下、F e 基微結晶合金と記す) 薄帯等を用いることが好ましい。

【 0 0 1 5 】上記したアモルファス磁性合金薄帯としては、例えば

一般式 : (M₁... M')_a... X_b

(式中、M は F e および C o から選ばれる少なくとも 1 種の元素を、M' は T i、V、C r、M n、N i、C u、Z r、N b、M o、T a、W 等から選ばれる少なくとも 1 種の元素を、X は B、S i、C、P 等から選ばれる少なくとも 1 種の元素を示し、a、b はそれぞれ 0 ≤ a ≤ 0.15、10 ≤ b ≤ 35 を満足する数である) で組成が実質的に表されるもの等が例示される。

【 0 0 1 6 】また、F e 基微結晶合金薄帯としては、一般式 : F e... A、D、E、S i、B、Z、

(式中、A は C u および A u から選ばれる少なくとも 1 種の元素を、D は 4 A 族元素、5 A 族元素、6 A 族元素および希土類元素から選ばれる少なくとも 1 種の元素を、E は M n、A l、G a、G e、I n、S n および白金族元素から選ばれる少なくとも 1 種の元素を、Z は

C、N および P から選ばれる少なくとも 1 種の元素を表し、c、d、e、f、g および h は、0 ≤ c ≤ 8、0.1 ≤ d ≤ 15、0 ≤ e ≤ 10、0 ≤ f ≤ 25、1 ≤ g ≤ 12、0 ≤ h ≤ 10、1 ≤ f + g + h ≤ 30 の各式を満足する数である。ただし、上記式中の全ての数字は a t % を示す) で組成が実質的に表され、平均粒径が例えば 50nm 以下の微細結晶粒を有するものが挙げられる。

【 0 0 1 7 】上述したようなアモルファス磁性合金薄帯や F e 基微結晶合金薄帯の組成は、この実施形態の磁心 4 を用いて構成する磁性部品の使用用途に応じて適宜選択するものとするが、例えばフィルタ用、共振用、マグアンプ用等のインダクタンスコイル (可飽和インダクタ) に適用する場合には、高角形比の C o 基アモルファス磁性合金を用いることが好ましい。また、磁心 4 をチョークコイルやトランス等の構成部品として用いる場合には、直流重畳特性に優れる F e 基アモルファス磁性合金を用いることが好ましい。

【 0 0 1 8 】なお、本発明においては、磁性合金薄帯 2 として必ずしもパーマロイやセンダスト等の結晶質磁性合金薄帯の使用を除くものではないが、磁性部品の小型・薄型化を達成する上で、上記したようなアモルファス磁性合金薄帯や F e 基微結晶合金薄帯 (特にアモルファス磁性合金薄帯) を使用することが好ましい。

【 0 0 1 9 】上述したような磁性合金薄帯 2 の巻回体からなる磁心本体 1 の外周面には、フッ素系樹脂からなる絶縁被覆層 3 が被覆形成されており、これらによりこの実施形態の磁心 4 が構成されている。絶縁被覆層 3 は、ポリテトラフルオロエチレン (P T F E) に代表されるフッ素系樹脂からなるものであり、その厚さは 0.2mm 以下とされている。言い換えると、例えば P T F E 粉末等のフッ素系樹脂粉末を用いた粉体コーティングによれば、0.2mm 以下と絶縁被覆層 3 の厚さを薄くした場合においても、磁心本体 1 の外周面全体を均一に被覆することができる。なお、絶縁被覆層 3 の厚さは 0.02mm 以上とすることが好ましい。

【 0 0 2 0 】このようなフッ素系樹脂からなる厚さ 0.2mm 以下の絶縁被覆層 3 を用いた磁心 4 によれば、磁心本体 1 の形状が同一であれば従来のエポキシ樹脂によるコーティング磁心に比べて、磁心 4 の外形の小型化および厚みの薄型化、さらには放熱性の向上等を達成することができる。また、磁心本体 1 の空芯部 (空洞部) 1 a の大径化に繋がるため、巻線量を増大することができる。さらに、フッ素系樹脂は従来のエポキシ樹脂に比べて耐熱性に優れと共に、磁心本体 1 に加わる応力を小さくすることができることから、磁心 4 の磁気特性の向上を図ることが可能となる。また、不良の発生率も削減することができる。

【 0 0 2 1 】ここで、アモルファス磁性合金薄帯を巻回して作製した外径 4mm × 内径 2mm × 高さ 6mm の磁心本体を用いて、この磁心本体の外周面に P T F E 粉末を用い

た粉体コーティングで絶縁被覆層を形成した磁心（実施例 1）、また本発明との比較例としてエポキシ樹脂でコーティングで磁心（比較例 1）および樹脂ケースで絶縁した磁心（比較例 2）をそれぞれ作製し、それぞれの外形を比較した。実施例 1 および比較例 1 のコーティングは、いずれも磁心本体の外周面が全て覆われるように実施した。

【 0 0 2 2 】

【表 1】

		実施例 1	比較例 1	比較例 2
絶縁被覆		PTFE	エポキシ	ケース
形 状	外径 (mm)	4.2	4.6	5.0
	内径 (mm)	1.8	1.4	1.0
	高さ (mm)	6.5	7.2	7.3

表 1 から明らかなように、本発明の磁心によれば、従来のエポキシコーティングやケースに比べて、磁心外形の小型化、内径の大型化、および厚みの薄型化を図ることができる。また、PTFEコーティングからなる絶縁被覆層の厚さが 0.02mm 未満になると、絶縁性が不足する可能性があることが分かった。

【 0 0 2 3 】 図 1 は磁性合金薄帯 2 の巻回体からなる磁心本体 1 の外周面を、厚さ 0.2mm 以下のフッ素系樹脂からなる絶縁被覆層 3 で被覆した磁心 4 を示したが、磁性合金薄帯の積層体からなる磁心本体の外周面に同様な絶縁被覆層を被覆形成した磁心によっても、同様な効果を得ることができる。また、磁性合金薄帯の積層体からなる磁心本体を用いた磁心は、磁性合金薄帯 2 の巻回体からなる磁心本体 1 を用いた磁心 4 に比べて製造工程は多少複雑となるものの、薄型化に適しているため、後述する磁性部品を表面実装部品に適用する場合に好適である。

【 0 0 2 4 】 また、図 1 は本発明を扁平型（外形／厚さ > 1）のトロイダル形状を有する磁心 4 に適用した場合を示したが、例えば図 2 に示すように、長尺型（外形／厚さ ≤ 1）のトロイダル形状を有する磁心 5 に対しても、本発明を適用することが可能であることは言うまでもない。

【 0 0 2 5 】 図 1 や図 2 に示すトロイダル形状を有する磁心 4、5 は、絶縁被覆層 3 上に巻線を施す等として、磁心本体 1 による磁気路と略直交するように電流路を設けることによって、インダクタやトランス等の磁性部品として使用される。このような本発明の磁性部品は、フィルタ用（フィルタ回路やノイズ抑制素子）、共振用（共振回路や同調回路）、マグアンプ用等のインダクタンスコイル、チョークコイル、電源用や発振用のトランス、通信回路用パルストランス等として使用される。そして、本発明の磁性部品によれば、上述した磁心 4、5 の小型・薄型化に基いて、インダクタンスコイル、チョ

ークコイル、トランス等の小型・薄型化を達成することが可能となる。

【 0 0 2 6 】 ここで、図 1 や図 2 に示すトロイダル形状の磁心 4、5 に対する巻線（電流路）は、通常の磁性部品と同様に、銅線等の導線を巻回して形成してもよいが、図 1 や図 2 に示すトロイダル形状の磁心 4、5 を用いた磁性部品を、表面実装部品として使用する場合には、例えば図 3 および図 4 に示す構造や図 5、図 6 に示す構造を採用することが好ましい。

【 0 0 2 7 】 図 3 および図 4 に示す磁性部品 10 は、磁心 4 が実装された基板 11 の裏面側の導体回路 12 と、磁心 4 による磁気路を跨ぐように基板 11 に装着され、上記裏面側の導体回路 12 と電気的に接続された平板状導体 13 とによって、電流路すなわち通常のコイルにおける巻線を構成している。

【 0 0 2 8 】 すなわち、裏面側に所定の導体回路 12 が形成された基板 11 上に、扁平型（外形／厚さ > 1）のトロイダル形状を有する磁心 4 を直接実装し、この磁心 4 に対してその磁気路を跨ぐように断面コ字状とした平板状導体 13 を被せる。断面コ字状の平板状導体 13 は、その両端部に接続部 13a をそれぞれ有しており、これら接続部 13a が裏面側に達するように基板 11 に装着し、これら接続部 13a と導体回路 12 とを半田付け等で電気的に接続する。導体回路 12 と平板状導体 13 とは、導体回路 12 の入・出力端 12a、12b に対して直列となるように接続する。

【 0 0 2 9 】 上記したように、扁平型トロイダル形状の磁心 4 に対して、導体回路 12 と平板状導体 13 とで電流路を構成する、すなわち巻線を施すことによって、一般的な銅線等を巻き付けて巻線を施したコイルに比べて、表面実装が極めて容易となるだけでなく、コイル自体の薄型化を図ることができる。また、扁平型トロイダル形状の磁心 4 自体は、小型・薄型化を達成したものであるため、磁性部品 10 によれば小型・薄型化および表面実装への対応を図ることができる。このような磁性部品 10 は、特に 2 ～ 20A 程度の比較的大きな電流を流すチョークコイルや可飽和リアクトル等に対して有効である。

【 0 0 3 0 】 また、図 5 に示す磁性部品 20 は、長尺型（外形／厚さ ≤ 1）のトロイダル形状を有する磁心 5 の空芯部 1a に導体 21 を挿通して、磁心本体 1 による磁気路と略直交する電流路を設けている。導体 21 としては、一般的な銅線やそれを複数束ねたものを用いることも可能であるが、絶縁基板 22 上に所定ピッチで導体パターン 23 を形成したものが好ましい。

【 0 0 3 1 】 また、図 6 に示すように、平角状のリード 24 も好ましく用いられる。図 6 は、磁心 5 と導体としての平角状リード 24 とで構成した磁性部品 21 を、フッ素系樹脂より高融点の樹脂材料からなる耐熱ケース 25 に内装した状態を示している。この図 6 に示すケース

付き磁性部品 2 0 は、表面実装部品への対応を図ったものである。

【 0 0 3 2 】 図 5 に示す磁性部品 2 0 や図 6 に示すケース付き磁性部品 2 0 は、内径の大径化を図った本発明の磁心 5 を用いて構成しているため、磁心 5 の空芯部 1 a に挿通する電流路の増大を図ることができる。具体的には、図 5 に示す絶縁基板 2 2 上に形成した導体パターン 2 3 であれば、パターン数を増加させることができ、また図 6 に示す平角状リード 2 4 であれば、その断面形状の増大を図ることができる。

【 0 0 3 3 】 例えば、前述した実施例 1、比較例 1 および比較例 2 の各磁心を用いて、絶縁基板 2 2 上に導体パターン 2 3 (幅 0.1mm、ピッチ 0.1mm) を形成した導体

2 1 を挿入し、それぞれインダクタを作製した。その結果、実施例 1 による磁心では、8ターンの導体パターン 2 3 を有する導体 2 1 を挿入することができたのに対して、比較例 1 では 6ターン、比較例 2 では 4ターンの導体パターン 2 3 を有する導体 2 1 しか挿入することができなかった。

【 0 0 3 4 】 また、同様に前述した実施例 1、比較例 1 および比較例 2 の各磁心を用いて、それぞれに平角状リード 2 4 を挿入して、図 6 に示すインダクタを作製した。その際に挿入可能であった平角状リード 2 4 の断面形状、対応電流 (7A/mm²)、部品高さを表 2 に示す。

【 0 0 3 5 】

【表 2】

	実施例 1	比較例 1	比較例 2
絶縁被覆	PTFE	エポキシ	ケース
リード寸法 (mm)	1.79×0.3	1.37×0.3	0.95×0.3
対応電流 (A)	3.7	2.9	2.0
部品高さ (mm)	5.2	5.6	7.0

このように、図 5 や図 6 に示す磁性部品 2 1 によれば、例えば図 5 に示す例では磁性部品として重要なインダクタンス値が巻数の二乗に比例することから、本発明による磁性部品 (実施例 1) は比較例 1 の 1.78 倍、同様に比較例 2 の 4 倍のインダクタンスを得ることができる。また、線を分割配線してコモンモードフィルタやトランスを構成することも容易となる。また、同一コアであればより断面積の大きなリードが使用でき、大きな電流を流すことが可能となる。このような磁性部品 2 1 は、特に高インダクタンスが必要とされるパルストランス、ノイズ抑制部品等に対して有効である。

【 0 0 3 6 】 磁性部品のより一層の薄型化を図るためには、例えば図 7 に示すように、本発明による偏平型トロイダル形状の磁心 4 を複数個例えば 2 個用意し、これらにそれぞれ巻線 3 1 を施して 2 個のコイル 3 2、3 3 を作製した後、1ターンの巻線 3 4 で 2 個のコイル 3 2、3 3 間を磁氣的に結合することも有効である。このような連結型磁性部品は、高インダクタンスが必要な通信回路用のパルストランス等に特に有効である。

【 0 0 3 7 】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明の磁心によれば、絶縁被覆による磁心本来の形状からの形状増大を抑制することができる。従って、そのような磁心を用いた本発明の磁性部品によれば、小型・薄型化を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の磁心の一実施形態の構成を示す断面図である。

【図 2】 本発明の磁心の他の実施形態の構成を示す断面図である。

【図 3】 図 1 に示す磁心を用いた本発明の磁性部品の一実施形態を示す斜視図である。

【図 4】 図 3 に示す磁性部品の平面図、断面図および底面図である。

【図 5】 図 2 に示す磁心を用いた本発明の磁性部品の他の実施形態を示す斜視図である。

【図 6】 図 5 に示す磁性部品の変形例を示す斜視図である。

【図 7】 本発明の磁性部品のさらに他の実施形態を示す斜視図である。

【符号の説明】

1 …… 磁心本体

2 …… 磁性合金薄帯

3 …… フッ素系樹脂からなる絶縁被覆層

4、5 …… 磁心

1 0、2 0 …… 磁性部品

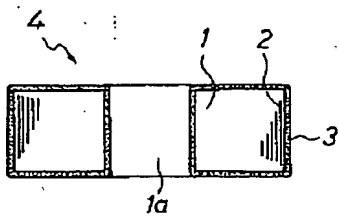
1 1 …… 基板

1 2 …… 導体回路

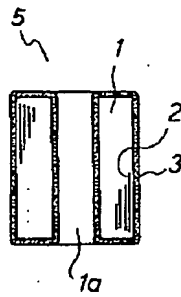
1 3 …… 平板状導体

2 1 …… 導体

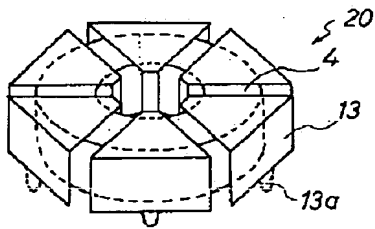
【 図 1 】



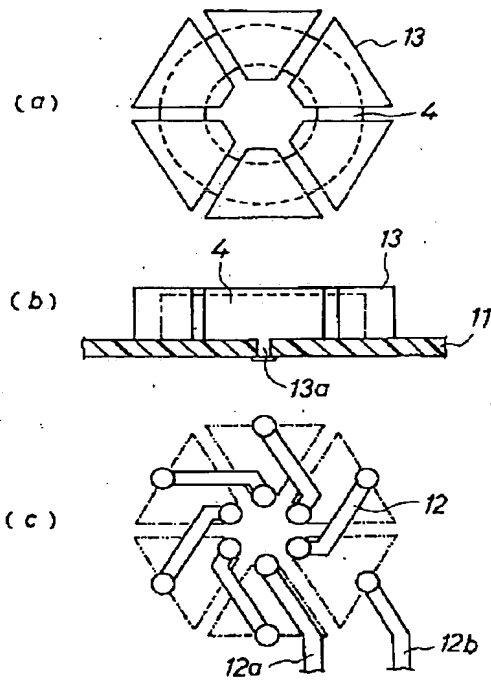
【 図 2 】



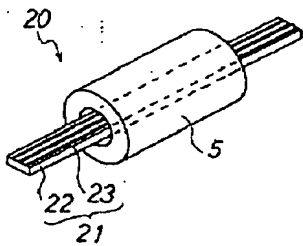
【 図 3 】



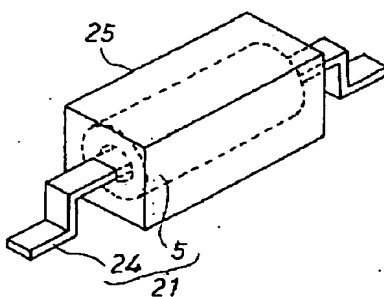
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

